

Estudio del aclareo mecánico de mandarinos mediante un dispositivo de vibrado en laboratorio

Autor: Elena Soto Ruiz de la Torre
Tutor: Coral Ortiz
Co-tutor: Antonio Torregrosa

Universitat Politècnica de València
ETSIAMN
Máster en Ingeniería Agronómica.
Curso académico 2017-2018
Convocatoria 2ª Diciembre 2017 (2231)



Escuela Técnica Superior
de Ingeniería Agronómica y del Medio Natural



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

ANEJO 1:

Resultados de los ensayos

Semana	Ensayo	Carrera (mm)	Frecuencia (Hz)	Calibre (mm)	Masa (g)	FT (N)	Iniciales	Quedan	% Caídos
0	1	15	34				44	0	0
0	2	30	34,0				44	9	20
0	3	80	13,7				35	1	3
0	4	120	7,0				44	0	0
0	5	120	10,5				44	1	2
0	6	120	10,5				43	6	14
0	7	120	13,0				37	7	19
1	1	120	11,2				90	30	33
1	2	120	11,2				40	15	38
1	3	120	11,2				100	15	15
1	4	120	13,4				30	10	33
1	5	15	34,7				30	34	97
1	6	15	41,0				20	6	30
1	7	30	35,2				8	1	13
2	1	30	34,8	1,26	0,67	0,41	12	10	16,7
2	2	30	34,8	1,26	0,67	0,41	55	8	85,5
2	3	30	34,8	1,26	0,67	0,41	27	16	40,7
2	4	30	34,8	1,26	0,67	0,41	98	75	23,5
2	5	15	34,8	1,26	0,67	0,41	24	20	16,7
2	6	15	34,8	1,26	0,67	0,41	34	30	11,8
2	7	15	34,8	1,26	0,67	0,41	48	48	0,0
2	8	15	34,8	1,26	0,67	0,41	43	42	2,3
3	1	30	34,8	0,46	0,71	1,99	91	45	50,5
3	2	30	34,8	0,46	0,71	2,77	71	42	40,8
3	3	30	34,8	0,46	0,71	3,17	21	11	47,6
3	4	30	34,8	0,46	0,71	3,36	67	10	85,1
3	5	15	34,8	0,46	0,71	3,46	32	2	93,8
3	6	15	34,8	0,46	0,71	3,51	28	26	7,1
3	7	15	34,8	0,46	0,71	3,54	18	18	0,0
3	8	15	34,8	0,46	0,71	3,55	30	28	8,1
4	1	15	34,8	0,46	0,71	3,95	33	33	0
4	2	15	34,8	7,23	0,42	3,56	50	45	10
4	3	15	34,8	7,23	0,42	3,56	38	36	5,3
4	4	15	34,8	7,23	0,42	3,56	58	55	5,2
4	5	30	34,8	7,23	0,42	3,56	47	29	38,3
4	6	30	34,8	7,23	0,42	3,56	56	53	5,4
4	7	30	34,8	7,23	0,42	3,56	46	39	15,2
4	8	30	34,8	7,23	0,42	3,56	53	21	60,4
5	1	30	34,8	7,23	0,42	3,56	24	3	87,5
5	2	30	34,8	7,95	0,53	4,36	20	1	95,0
5	3	30	34,8	7,95	0,53	4,36	75	18	76,0
5	4	30	34,8	7,95	0,53	4,36	36	14	61,1
5	5	15	34,8	7,95	0,53	4,36	30	29	3,3
5	6	15	34,8	7,95	0,53	4,36	47	33	29,8
5	7	15	34,8	7,95	0,53	4,36	17	17	0,0

5	8	15	34,8	7,95	0,53	4,36	12	12	0,0
5	9	15	37,8	7,95	0,53	4,36	30	24	20,0
5	10	15	37,8	7,95	0,53	4,36	14	12	14,3
5	11	15	37,8	7,95	0,53	4,36	18	18	0,0
6	1	15	34,8	7,95	0,53	4,36	46	46	0,0
6	2	15	34,8	6,4	0,38	4,12	31	4	87,1
6	3	15	34,8	6,4	0,38	4,12	10	4	60,0
6	4	15	34,8	6,4	0,38	4,12	9	2	77,8
6	5	30	34,8	6,4	0,38	4,12	20	0	100,0
6	6	30	34,8	6,4	0,38	4,12	16	1	93,8
6	7	30	34,8	6,4	0,38	4,12	25	12	52,0
6	8	30	34,8	6,4	0,38	4,12	21	8	61,9
6	9	15	37,8	6,4	0,38	4,12	23	15	34,8
6	10	15	37,8	6,4	0,38	4,12	17	9	47,1
6	11	15	37,8	6,4	0,38	4,12	40	19	52,5
6	12	30	34,8	6,4	0,38	4,12	28	12	57,1
6	13	30	34,8	6,4	0,38	4,12	35	15	57,1
7	1	30	34,8	6,4	0,38	4,12	12	0	100,0
7	2	30	34,8	6,4	0,38	4,12	16	9	43,8
7	3	30	34,8	9,16	0,76	9,01	7	0	100,0
7	4	30	34,8	9,16	0,76	9,01	8	2	75,0
7	5	15	37,8	9,16	0,76	9,01	24	19	20,8
7	6	15	37,8	9,16	0,76	9,01	18	18	0,0
7	7	15	34,8	9,16	0,76	9,01	12	12	0,0
7	8	15	34,8	9,16	0,76	9,01	7	7	0,0
7	9	15	34,8	9,16	0,76	9,01	28	25	10,7
7	10	15	34,8	9,16	0,76	9,01	18	9	50,0
7	11	15	37,8	9,16	0,76	9,01	7	3	57,1
7	12	15	37,8	9,16	0,76	9,01	13	10	23,1
7	13	15	37,8	9,16	0,76	9,01	11	9	18,2
7	14	15	37,8	9,16	0,76	9,01	17	10	41,2
7	15	30	34,8	9,16	0,76	9,01	15	0	100,0
7	16	30	34,8	9,16	0,76	9,01	12	5	58,3
8	1	15	37,8	9,16	0,76	9,01	5	3	40,0
8	2	15	37,8	9,16	0,76	9,01	8	5	37,5
8	3	15	37,8	10,19	1,2	17,59	6	4	33,3
8	4	15	37,8	10,19	1,2	17,59	6	5	16,7
8	5	15	37,8	10,19	1,2	17,59	5	4	20,0
8	6	15	37,8	10,19	1,2	17,59	7	2	71,4
8	7	15	34,8	10,19	1,2	17,59	5	5	0,0
8	8	15	34,8	10,19	1,2	17,59	4	4	0,0
8	9	15	34,8	10,19	1,2	17,59	10	8	20,0
8	10	15	34,8	10,19	1,2	17,59	8	6	25,0
8	11	15	34,8	10,19	1,2	17,59	12	12	0,0
8	12	15	34,8	10,19	1,2	17,59	4	4	0,0
8	13	30	34,8	10,19	1,2	17,59	10	3	70,0
8	14	30	34,8	10,19	1,2	17,59	7	1	85,7

8	15	30	34,8	10,19	1,2	17,59	4	3	25,0
8	16	30	34,8	10,19	1,2	17,59	3	3	0,0
8	17	30	34,8	10,19	1,2	17,59	8	3	62,5
8	18	30	34,8	10,19	1,2	17,59	4	0	100,0
8	19	30	34,8	10,19	1,2	17,59	4	4	0,0
8	20	30	34,8	10,19	1,2	17,59	12	4	66,7
9	1	15	34,8	10,19	1,2	17,59	3	3	0,0
9	2	15	34,8	10,19	1,2	17,59	3	3	0,0
9	3	15	34,8	18,41	4,36	32,07	3	3	0,0
9	4	15	34,8	18,41	4,36	32,07	2	2	0,0
9	5	15	37,8	18,41	4,36	32,07	2	1	50,0
9	6	15	37,8	18,41	4,36	32,07	3	3	0,0
9	7	15	37,8	18,41	4,36	32,07	2	1	50,0
9	8	15	37,8	18,41	4,36	32,07	3	3	0,0
9	9	15	37,8	18,41	4,36	32,07	2	2	0,0
9	10	15	37,8	18,41	4,36	32,07	4	4	0,0
9	11	30	34,8	18,41	4,36	32,07	3	0	100,0
9	12	30	37,8	18,41	4,36	32,07	2	1	50,0
9	13	30	34,8	18,41	4,36	32,07	3	2	33,3
9	14	30	34,8	18,41	4,36	32,07	2	1	50,0
9	15	30	34,8	18,41	4,36	32,07	4	2	50,0
9	16	30	34,8	18,41	4,36	32,07	2	2	0,0
10	1	30	34,8	18,41	4,36	32,07	4	0	100
10	2	30	34,8	18,41	4,36	32,07	5	3	40
10	3	30	34,8	24,38	10,13	36,42	5	2	60
10	4	30	34,8	27,36	13,02	38,59	3	0	100
10	5	30	34,8	28,85	14,46	39,67	3	2	33
10	6	30	34,8	29,59	15,18	40,22	3	3	0
10	7	30	34,8	29,97	15,54	40,49	3	3	0
10	8	15	37,8	30,15	15,72	40,62	2	2	0
10	9	15	37,8	30,25	15,81	40,69	3	3	0
10	10	15	37,8	30,29	15,85	40,73	2	2	0
10	11	15	37,8	30,32	15,88	40,74	3	3	0
10	12	15	37,8	30,33	15,89	40,75	3	1	67
10	13	15	37,8	30,33	15,89	40,76	2	2	0
10	14	15	34,8	30,34	15,90	40,76	2	2	0
10	15	15	34,8	30,34	15,90	40,76	4	3	25
10	16	15	34,8	30,34	15,90	40,76	4	4	0
10	17	15	34,8	30,34	15,90	40,76	3	3	0
11	1	30	34,8	30,34	15,90	40,76	1	0	100
11	2	30	34,8	30,34	15,90	40,76	1	1	0
11	3	30	34,8	30,34	15,9	40,76	1	1	0
11	4	30	34,8	30,34	15,9	40,76	3	3	0
11	5	30	34,8	30,34	15,9	40,76	3	3	0
11	6	30	34,8	30,34	15,9	40,76	1	1	0
11	7	30	34,8	30,34	15,9	40,76	2	2	0
11	8	15	37,8	30,34	15,9	40,76	3	3	0

11	9	15	37,8	30,34	15,9	40,76	1	1	0
11	10	15	37,8	30,34	15,9	40,76	2	0	100
11	11	15	37,8	30,34	15,9	40,76	1	1	0
11	12	15	34,8	30,34	15,9	40,76	1	1	0
11	13	15	34,8	30,34	15,9	40,76	3	3	0
11	14	15	34,8	30,34	15,9	40,76	2	2	0
11	14*	15	37,8	30,34	15,9	40,76	2	2	0
11	13*	15	37,8	30,34	15,9	40,76	3	3	0
11	12*	30	37,8	30,34	15,9	40,76	1	0	100
11	11*	30	37,8	30,34	15,9	40,76	1	0	100

ANEJO 2:

Calibrado del

equipo de medición

de la fuerza de

tracción

Al comenzar a medir las fuerzas de tracción se observa que los valores observados son demasiado elevados. Por ello se lleva a cabo una valoración de la exactitud del sistema.

Antes de comenzar la medición el aparato marca 0,029 y al añadir la pinza 0,087.

Para llevar a cabo la calibración, se toman datos de pesos de masa conocida y se mide su masa real utilizando una balanza (Masa real (g)). A continuación se mide la fuerza de tracción con el andilog (F andilog (N)).

Una vez medidos estos datos se comparan con los datos teóricos por cálculo.

Por un lado, conociendo la masa real puede ser calculada la fuerza ejercida por la misma sobre la máquina universal de ensayos. Multiplicándola por la aceleración gravitacional.

$$F_{real} = m * g$$

Por otro lado se calcula, en función cuál debería ser la Masa del objeto para esa fuerza. De la misma manera que anteriormente se calcula la masa.

$$m = \frac{F_{real}}{g}$$

Siendo

- Freal la Fuerza, medido en Newtons, N.
- m la masa, medido en Kg.
- g la aceleración gravitacional, expresado en m/s²

Masa teórica (g)	Masa real (g)	F andilog (N)	Masa andilog (g)	F real (N)
10	10,036	0,16	16,32653061	0,0983528
20	19,968	0,2326	23,73469388	0,1956864
50	49,923	0,4217	43,03061224	0,4892454
100	100,21	0,7125	72,70408163	0,982058
200	199,95	1,30871	133,5418367	1,95951
500	500	3,0975	316,0714286	4,9

ANEJO 3:

Codificación BBCH de los estadios fenológicos de desarrollo de los agrios

Agrios/Cítricos Agusti et al., 1995

Codificación BBCH de los estadios fenológicos de desarrollo de los agrios (*Citrus spec.*)

Código	Descripción
--------	-------------

Estadio principal 0: Desarrollo de las yemas

00	Reposo: Yemas vegetativas y de inflorescencias indiferenciadas, cerradas y cubiertas de escamas
01	Comienzan a hincharse las yemas
03	Finaliza el hinchamiento de las yemas: las escamas verdes están ligeramente separadas
07	Empieza la apertura de las yemas
09	Los primordios foliares son visibles

Estadio principal 1: Desarrollo de las hojas

10	Las primeras hojas empiezan a separarse: las escamas verdes están ligeramente abiertas y las hojas emergiendo
11	Las primeras hojas son visibles ¹⁾
15	Se hacen visibles más hojas, pero sin alcanzar su tamaño final
19	Las hojas alcanzan su tamaño final

Estadio principal 3: Desarrollo de los brotes

31	Empieza a crecer el brote: se hace visible su tallo
32	Los brotes alcanzan alrededor del 20% de su tamaño final.
39	Los brotes alcanzan alrededor del 90% de su tamaño final

Estadio principal 5: Desarrollo de las flores

51	Las yemas se hinchan: están cerradas y se hacen visibles las escamas, ligeramente verdes
53	Las yemas revientan: las escamas se separan y se hacen visibles los primordios florales.
55	Las flores se hacen visibles: están todavía cerradas (botón verde) y se distribuyen aisladas o en racimos en inflorescencias con o sin hojas
56	Los pétalos crecen; los sépalos envuelven la mitad de la corola (botón blanco)
57	Los sépalos se abren: se hacen visibles los extremos de los pétalos, todavía cerrados, de color blanco o amoratado
59	La mayoría de las flores, con los pétalos cerrados, forman una bola hueca y alargada

¹⁾ En los agrios el término visible sustituye a desplegado utilizado en otras especies frutales. Este último se produce muy prematuramente en los agrios.

Agrios/Cítricos Agusti et al., 1995

Codificación BBCH de los estadios fenológicos de desarrollo de los agrios

Código	Descripción
--------	-------------

Estadio principal 6: Floración

60	Se abren las primeras flores
61	Comienza la floración: alrededor del 10 % de las flores están abiertas
65	Plena floración: alrededor del 50 % de las flores están abiertas. Empiezan a caer los primeros pétalos.
67	Las flores se marchitan: la mayoría de los pétalos están cayendo
69	Fin de la floración: han caído todos los pétalos.

Estadio principal 7: Desarrollo del fruto

71	Cuajado: el ovario empieza a crecer; se inicia la caída de frutos jóvenes.
72	El fruto, verde, está rodeado por los sépalos a modo de una corona
73	Algunos frutos amarillean: se inicia la caída fisiológica de frutos.
74	El fruto alcanza alrededor del 40% del tamaño final. Adquieren un color verde oscuro. Finaliza la caída fisiológica de frutos.
79	El fruto alcanza alrededor del 90 % de su tamaño final

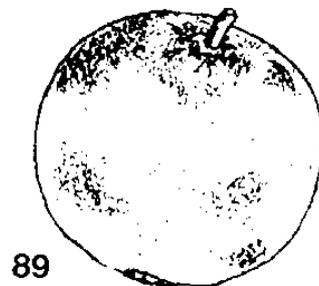
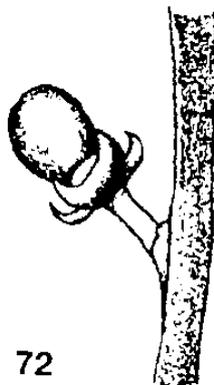
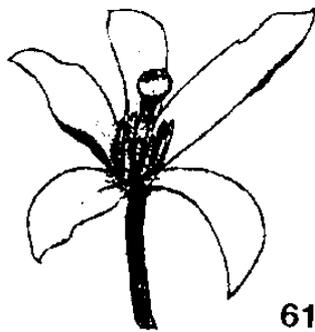
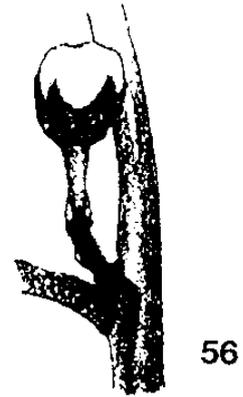
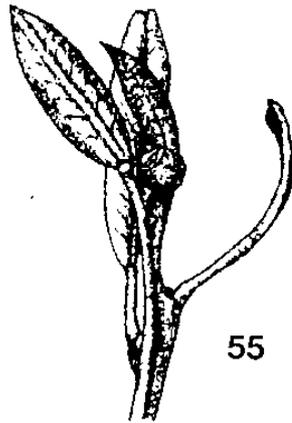
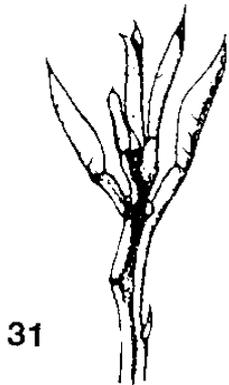
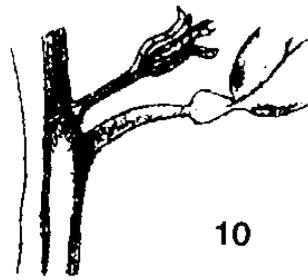
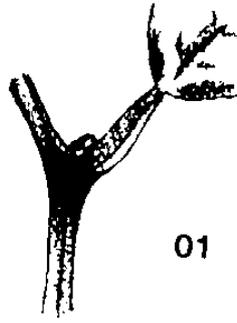
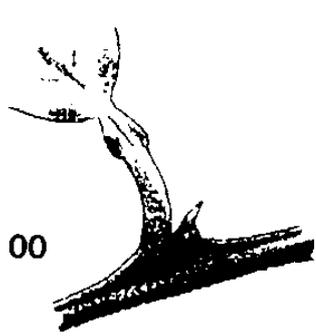
Estadio principal 8: Maduración del fruto

81	El fruto empieza a colorear (cambio de color)
83	El fruto está maduro para ser recolectado, aunque no ha adquirido todavía su color característico.
85	Maduración avanzada: se va incrementando el color característico de cada cultivar.
89	Fruto maduro y apto para el consumo: tiene su sabor y firmeza naturales; comienza la senescencia y la abscisión

Estadio principal 9: Comienzo del reposo vegetativo

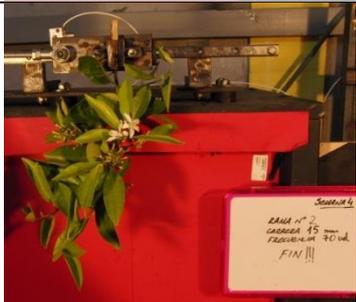
91	Las brotaciones han completado su desarrollo; hojas con su plena coloración verde
95	Las hojas verdes comienzan a caer
97	Reposo vegetativo

Agrios (Citrus spec.)



ANEJO 4:

Tabla resumen de los estadio para cada semana de ensayo

Semana		ESTADÍO	DESCRIPCIÓN	
1			56	Alto porcentaje de botones blancos.
2			56	El tamaño de los botones aumenta
3			59	Los botones blancos toman, en un alto porcentaje forma de bola hueca y alargada. Pequeño porcentaje de flores.
4			65	Plena floración. Alto porcentaje de flores abiertas.
5			67	Un alto porcentaje de flores se encuentran marchitadas.

6			71	Los frutos comienzan a cuajar. Pequeños frutos verdes de pequeño diámetro. Calibre medio: 6,4
7			72	Pequeños frutos verdes de diámetro un poco más grande. Calibre medio: 9,16
8			72	Pequeños frutos verdes de diámetro un poco más grande. Calibre medio: 10,2
9			72	Fruto verde
10			72	Fruto verde

11			72	Fruto verde
-----------	---	---	----	-------------